

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-50976

(P2010-50976A)

(43) 公開日 平成22年3月4日(2010.3.4)

(51) Int.Cl.
H04N 7/32 (2006.01)

F I
H04N 7/137 Z

テーマコード(参考)
5C159

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2009-197337 (P2009-197337)
 (22) 出願日 平成21年8月6日(2009.8.6)
 (31) 優先権主張番号 12/187, 348
 (32) 優先日 平成20年8月6日(2008.8.6)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 593181638
 ソニー エレクトロニクス インク
 アメリカ合衆国 ニュージャージー州 O
 7656 パークリッジ ソニー ドライ
 ブ 1
 (71) 出願人 000002185
 ソニー株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 禎男
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭
 (74) 代理人 100109070
 弁理士 須田 洋之

最終頁に続く

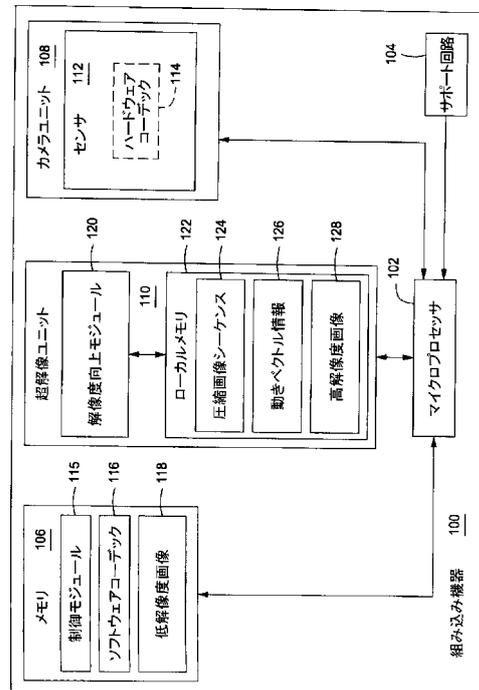
(54) 【発明の名称】 組み込み機器において高解像度画像を提供するための方法及び装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 圧縮技術を使用して、複数の低解像度画像から高解像度画像を生成する。

【解決手段】 圧縮画像シーケンス及び1又はそれ以上の動きベクトルに対して超解像技術を提供することにより、組み込み機器において高解像度画像を実現するための方法及び装置について説明する。一例を挙げれば、本方法は、ビデオ圧縮技術を使用して、複数の低解像度画像を含む画像シーケンスを圧縮するステップと、上記圧縮画像シーケンスに超解像技術を適用して高解像度画像を生成するステップとを含む。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ビデオ圧縮技術を使用して組み込み機器において超解像を可能にする方法であって、
ビデオ圧縮技術を使用して、複数の低解像度画像を含む画像シーケンスを圧縮するステップと、

前記圧縮画像シーケンスに超解像技術を適用して高解像度画像を生成するステップと、
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記画像シーケンスを圧縮するステップは、
センサにおいて前記複数の低解像度画像を取り込むステップと、

前記ビデオ圧縮技術を実行する、前記センサのハードウェア構成要素を使用して前記複数の低解像度画像を圧縮するステップと、
をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記画像シーケンスを圧縮するステップは、
前記複数の低解像度画像を保存するステップと、
前記保存した複数の低解像度画像に前記ビデオ圧縮技術を適用するステップと、

をさらに含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記画像シーケンスを圧縮するステップは、参照画像と前記画像シーケンスの少なくとも
も 1 つの更なる画像との間の動きベクトルを決定するステップをさらに含む、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記画像シーケンスを圧縮するステップは、前記参照画像に前記動きベクトルを適用して
前記少なくとも 1 つの更なる画像を予測するステップをさらに含む、
ことを特徴とする請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

前記画像シーケンスを圧縮するステップは、前記少なくとも 1 つの更なる画像と前記少
なくとも 1 つの更なる画像の予測との間の差分画像をそれぞれ計算するステップをさらに
含む、

ことを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記画像シーケンスを圧縮するステップは、ロスレスビデオ圧縮技術を使用して前記差
分画像を圧縮するステップをさらに含む、
ことを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記画像シーケンスを圧縮するステップは、ニアロスレスビデオ圧縮技術を使用して前
記差分画像を圧縮するステップをさらに含む、
ことを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 9】

前記超解像技術を適用するステップは、前記複数の低解像度画像の少なくとも一部を形
成する画素データを、前記高解像度画像を形成する画素データにマッピングするステップ
をさらに含む、

ことを特徴とする請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載の方法。

【請求項 10】

前記超解像技術を適用するステップは、
少なくとも 1 つの差分画像及び参照画像を含む前記圧縮画像シーケンスと少なくとも 1
つの動きベクトルとを使用して前記高解像度画像の画素データを補間するステップと、

前記参照画像を、決定された画素データと組み合わせて前記高解像度画像を形成するス
テップと、

10

20

30

40

50

をさらに含むことを特徴とする請求項 1 から請求項 9 のいずれかに記載の方法。

【請求項 1 1】

圧縮技術を使用して組み込み機器において超解像を可能にするための装置であって、複数の低解像度画像を含む画像シーケンスに圧縮技術を適用するための制御モジュールと、

前記圧縮画像シーケンスに対して超解像技術を実行して高解像度画像を生成するための解像度向上モジュールと、

を備えることを特徴とする装置。

【請求項 1 2】

ロスレス圧縮技術を使用して前記複数の低解像度画像を圧縮するためのロスレスコーデックをさらに備える、

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 3】

前記ロスレスコーデックは、動き推定法を適用してサブピクセルの精度で少なくとも 1 つの動きベクトルを生成する、

ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の装置。

【請求項 1 4】

ニアロスレス圧縮技術を使用して前記複数の低解像度画像を圧縮するためのニアロスレスコーデックをさらに備える、

ことを特徴とする請求項 1 1 に記載の装置。

【請求項 1 5】

前記複数の低解像度画像を取り込むためのカメラユニットをさらに備える、ことを特徴とする請求項 1 1 から請求項 1 4 のいずれかに記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、一般に組み込み機器に関し、より具体的には、超解像技術を使用して組み込み機器において高解像度画像を提供するための方法及び装置に関する。

【背景技術】

【0002】

カメラ装置のユーザは、特定の画像解像度で被写体のデジタル画像を生成することにより被写体の「写真を撮る」ことができる。一般に、デジタル画像は被写体を表す画素データを含み、画像解像度とはデジタル画像の細かさの量のことを意味する。時として、カメラ装置により生成されるデジタル画像は歪むことがある。例えば、(カメラジッタなどの)ハンドシェイキング(handshaking)がデジタル画像における(ボケなどの)歪みを引き起こす場合がある。

【0003】

ハンドシェイキングの影響を緩和するために超解像技術を使用できることがある。超解像技術は、1 又はそれ以上の低解像度画像から高解像度画像を生成するように構成される。超解像技術は、動き推定及びボケ修正技術を使用して、低解像度画像から(画素データなどの)欠落した細部を予測する。この欠落した細部を 1 又はそれ以上の低解像度画像に適用して、高解像度画像を生成する。

【0004】

現在のところ、プロセッサ及びメモリの限界に起因して、組み込み機器では超解像技術は実行されない。組み込み機器とは、携帯電話機、携帯情報端末(PDA)、及び「スマートフォン」などの内蔵カメラ付きの装置であってもよい。サイズに制約があるため、組み込み機器は、特定の量の記憶素子及び/又はプロセッサ資源に制限される。未加工及び未圧縮の画像はサイズが相当に大きく、かなりの量のメモリを消費する。この結果、組み込み機器を使用しながらプロセッサが超解像技術を実行するには画像が多すぎることになる。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

現在のところ組み込み機器では、低解像度画像を装置のメモリに保存できる同期化の前に超解像技術がオフラインで実行される。低解像度画像を組み込み機器から（コンピュータなどの）別の機器へ転送する前にオフラインで処理が行われる。しかしながら、ユーザは低解像度の画面上で高解像度画像を見ることはできない。

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

従って、当業では組み込み機器において高解像度画像を提供する必要性が存在する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

本発明の実施形態は、1又はそれ以上の動きベクトルを使用して、圧縮画像シーケンスに対して超解像技術を実行することにより高解像度画像を提供するための方法、装置及び組み込み機器を含む。1つの実施形態では、組み込み機器においてビデオ圧縮技術を使用して超解像を可能にする方法が、ビデオ圧縮技術を使用して複数の低解像度画像を含む画像シーケンスを圧縮するステップと、この圧縮画像シーケンスに超解像技術を適用して高解像度画像を生成するステップとを含む。

【 0 0 0 8 】

本発明の上述の特徴を詳細に理解できるように、添付図面にいくつかを示す実施形態を参照しながら、上記要約した本発明のさらに具体的な説明を行うことができる。しかしながら、添付図面には本発明の代表的な実施形態しか示しておらず、本発明は他の同様に効果的な実施形態も認めることができるため、これらの図面が本発明の範囲を限定すると見なすべきではない。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 1又はそれ以上の実施形態による、圧縮画像シーケンスに対して超解像技術を実行して高解像度画像を生成するための組み込み機器のブロック図である。

【 図 2 】 1又はそれ以上の実施形態による、ビデオ圧縮技術を使用して組み込み機器において超解像を可能にする方法のフロー図である。

【 図 3 】 1又はそれ以上の実施形態による、複数の低解像度画像を圧縮して組み込み機器において超解像を可能にする方法のフロー図である。

【 図 4 】 1又はそれ以上の実施形態による差分画像を生成する方法のフロー図である。

【 図 5 】 1又はそれ以上の実施形態による、組み込み機器のセンサにおいて画像シーケンスを圧縮する方法のフロー図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 0 】

図 1 は、本発明の 1 又はそれ以上の実施形態による、圧縮画像シーケンスに対して超解像技術を実行して高解像度画像を生成するための組み込み機器 100 のブロック図である。この圧縮画像シーケンスは、ロスレス又はニアロスレスビデオ圧縮技術を使用して圧縮することができる。

【 0 0 1 1 】

組み込み機器 100 は、当業で一般的に知られているような携帯電話機、カメラ付き電話機、スマートフォン、携帯情報端末（PDA）とすることができる。組み込み機器 100 は、マイクロプロセッサ 102 と、様々なサポート回路 104 と、メモリ 106 と、カメラユニット 108 と、超解像ユニット 110 とを含む。マイクロプロセッサ 102 はデータの処理及び保存を容易にする。様々なサポート回路 104 は、マイクロプロセッサ 102 の動作を容易にし、クロック回路、電源、キャッシュ、入力/出力回路などのうちの少なくとも 1 つを含む。メモリ 106 は、リードオンリメモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、ディスクドライブ記憶装置、光記憶装置、取り外し可能記憶装置などのうちの少なくとも 1 つを備える。メモリ 106 は、制御モジュール 115 と、ソフ

10

20

30

40

50

トウェアコーデック 116 と、低解像度画像 118 とを含む。一般に、ソフトウェアコーデック 116 は、(ハフマン圧縮した YUV、CorePNG などの)ロスレスビデオ圧縮技術、又は(DV圧縮、FastCodec などの)ニアロスレスビデオ圧縮技術を使用して画像シーケンスを圧縮するためのソフトウェアコードを含む。1つの実施形態では、ソフトウェアコーデック 116 が、インター予測技術を使用して一連の未加工画像を処理する。ソフトウェアコーデック 116 は、動きベクトル推定法を使用して連続画像間の動きベクトルを推定することができる。ソフトウェアコーデック 116 が使用できる様々な動き推定法が当業では公知である。1つの実施形態では、ソフトウェアコーデック 116 が、低解像度画像 118 のうちの低解像度画像を複数の画素ブロックに分割し、ブロック単位でインター予測及び圧縮を行う。いくつかの実施形態では、カメラユニット 108 が、ソフトウェアコーデック 116 の機能をハードウェアで実施するハードウェアコーデック 114 を含むことができる。

10

【0012】

1つの実施形態では、カメラユニット 108 が、市販の(内蔵カメラなどの)組み込み型画像生成装置を含む。一例として、及び限定的な意味ではなく、(未圧縮の画像シーケンスなどの)画像シーケンスの形で複数の未加工画像を取り込むためにカメラユニット 108 を使用する。カメラユニット 108 はセンサ 112 (すなわち画像センサ)を含む。1つの実施形態では、センサ 112 が、取り込んだ画像シーケンスを低解像度画像 118 としてメモリ 106 に保存する。別の実施形態では、センサ 112 が、取り込んだ画像シーケンスを電気信号に変換し、この電気信号をマイクロプロセッサ 102 を介して組み込み機器 100 の様々な部分へ通信することができる。例えば、センサ 112 は超解像ユニット 110 と通信することができる。

20

【0013】

一般に、超解像ユニット 110 は組み込み機器 100 の構成要素であり、解像度向上モジュール 120 とローカルメモリ 122 とを含む。ローカルメモリ 122 は、リードオンリメモリ(ROM)、ランダムアクセスメモリ(RAM)ディスクドライブ記憶装置、光記憶装置、及び取り外し可能記憶装置などのうちの少なくとも一つを備える。ローカルメモリ 122 は、圧縮画像シーケンス 124 と、動きベクトル情報 126 と、高解像度画像 128 とを含む。本発明の 1 又はそれ以上の実施形態では、超解像ユニット 110 が、ハードウェアコーデック 114 又はソフトウェアコーデック 116 使用して作成されたものとして、圧縮画像シーケンス 124 と動きベクトル情報 126 とを保存する。以下でさらに説明するように、解像度向上モジュール 120 は、高解像度画像 128 を生成するために圧縮画像シーケンス 124 及びベクトル情報 126 に 1 又はそれ以上の超解像技術を適用する。当業で公知の様々な超解像技術を本発明と共に使用することができる。特に、解像度向上モジュール 120 は、圧縮画像シーケンス 124 からの低解像度画像 118 を完全に回復させることなく超解像技術を適用する。

30

【0014】

本発明の様々な実施形態によれば、制御モジュール 115 が、未加工、未圧縮の低解像度画像の画像シーケンスから高解像度画像 128 を作成するのを管理するためのソフトウェアコードを含む。動作中、制御モジュール 115 は、未加工画像の圧縮、及び圧縮画像シーケンス 124 に対する超解像技術の適用を調整する。1つの実施形態では、制御モジュール 115 がソフトウェアコーデック 116 を実行して低解像度画像 118 を圧縮し、この圧縮画像シーケンス 124 をローカルメモリ 122 に保存する。従って、メモリ資源を解放するために低解像度画像 118 を削除することができる。1つの実施形態では、圧縮画像シーケンス 124 が、(画像シーケンスの第 1 の画像などの)参照画像、1 又はそれ以上の動きベクトル、及び(原画像と、参照画像に基づいて予測される原画像の形態との間の差分を表す画素データなどの) 1 又はそれ以上の差分画像を含む。ロスレス圧縮技術を使用して、参照画像及び / 又は 1 又はそれ以上の差分画像を圧縮することができる。動きベクトル推定法を使用して、1 又はそれ以上の動きベクトルを決定することができる。例によって説明を明確にするために、本明細書では圧縮画像シーケンス 124 を単一の

40

50

参照画像を有するものとして説明している。当業者であれば、圧縮画像シーケンス124が複数の参照画像を含むことができることを理解できよう。

【0015】

いくつかの実施形態では、原画像は、未圧縮の画像シーケンス内のいずれかの画像である。参照画像は原画像のうちの一つである。差分画像については、参照画像に関して動きベクトルを計算し、その後、再構成した形態の参照画像を動きベクトルを使用して動き補償することにより予測画像が形成される。符号化した原画像から予測画像を減算することにより、差分画像が形成される。このインター予測を、参照画像より後のシーケンス内の個々の原画像に対してブロック単位で行うことができる。このようにして、圧縮画像シーケンス124及び動きベクトル情報126が生成される。本明細書ではインター予測の特定の実施形態について説明しているが、当業者であれば、ソフトウェアコーデック116及び/又はハードウェアコーデック114が、当業で公知のMoving Picture Experts Group (MPEG)規格で使用されるインター予測のような、本明細書で説明するものと同様の他のインター予測処理を実行できることを理解するであろう。

10

【0016】

一つの実施形態によれば、組み込み機器100のハンドシェイキングが、未圧縮の画像シーケンスを形成する低解像度画像間に1又はそれ以上の差分を生じさせることがある。同一のシーンから低解像度画像を生成することはできるが、この画像が、組み込み機器100の動き(すなわち揺動)に起因して、同一のシーンを表すための異なる画素データを含む場合がある。画素データが異なり得るため、一つの低解像度画像が、別の低解像度画像では取り込まれなかった追加の細部を含むことがある。従って、2又はそれ以上の低解像度画像から得た細部を組み合わせて高解像度画像を生成することができる。

20

【0017】

本発明の様々な実施形態によれば、解像度向上モジュール120が、圧縮画像シーケンス124に対して1又はそれ以上の超解像技術を実行して高解像度画像128を生成する。一つの実施形態によれば、超解像技術が、参照画像及び差分画像の時間的補間及び/又は空間的補間を含む。例えば、超解像技術が、参照画像、動きベクトル及び差分画像から欠落したシーンの細部を補間する。その後、解像度向上モジュール120が、この欠落した細部を使用して参照画像の解像度を向上させる。

30

【0018】

一つの実施形態では、解像度向上モジュール120が超解像技術を適用する前に、圧縮画像シーケンスは、低解像度画像118のすべてを回復させるために完全には復号化されない。換言すれば、本発明の1又はそれ以上の実施形態によれば、(低解像度画像118などの)復号化した画像シーケンスに対して超解像技術を実行しない。圧縮画像シーケンス124に対して超解像技術を直接実行することができる。一つの実施形態では、解像度向上モジュール120が、圧縮画像シーケンス124に対してブロックレベルで(すなわち画素のブロックに一度に)超解像技術を実行する。すなわち、参照画像、動きベクトル及び差分画像が与えられれば、解像度向上モジュール120が、圧縮画像シーケンス124の復号化をブロック単位で開始することができる。その後、個々のブロックが復号化された時に超解像技術を適用して高解像度画像128を生成することができる。ブロック単位で超解像を実行することにより、解像度向上モジュール120は、原画像のすべてが復号化されるのを待つ必要がなく、また原画像のすべてをメモリに保存する必要もなくなる。

40

【0019】

一つの実施形態では、動きベクトル情報126が、シーケンス内の参照画像と次の画像との間の(2次元動きベクトルなどの)動きベクトルに関するデータを含む。個々の動きベクトルが、参照画像内の座標から次の画像内の座標に補正を行う。1又はそれ以上の実施形態では、ソフトウェアコーデック116又はハードウェアコーデック114により、(ピクセルの100分の1などの)サブピクセルの精度で動きベクトルが決定される。1

50

つの実施形態によれば、解像度向上モジュール 120 が、サブピクセルの精度の動きベクトルを使用して参照画像及び差分画像からブロックレベルで高解像度画像 128 を生成する。

【0020】

1つの実施形態によれば、カメラユニット 108 と超解像ユニット 110 とが協働して、低解像度画像 118 から高解像度画像 128 を生成する。一例として、及び限定的な意味ではなく、カメラユニット 108 のセンサ 112 が複数の低解像度画像を取り込み、これらの画像を低解像度画像 118 として保存する。ソフトウェアコーデック 116 が、ロスレス又はニアロスレスビデオ圧縮技術を使用して低解像度画像 118 を圧縮する。圧縮段階中、ソフトウェアコーデック 116 はまた、画像シーケンス内の連続する低解像度画像間の動きベクトルをサブピクセルの精度で計算する。

10

【0021】

任意に、センサ 112 はハードウェアコーデック 114 を含む。本発明の 1 又はそれ以上の実施形態では、ハードウェアコーデック 114 は、ロスレス又はニアロスレスビデオ圧縮技術を実行する構成要素である。1つの実施形態では、ハードウェアコーデック 114 が、低解像度画像 118 のうちの低解像度画像を複数のブロックに分割する。ソフトウェアコーデック 116 に関して上述したように、動作中、センサ 112 が未加工の画像を取り込むと、ハードウェアコーデック 114 が、インター予測と共にロスレス又はニアロスレスビデオ圧縮技術を使用して画像シーケンスを圧縮する。この結果、圧縮画像シーケンス 124 が生成され、超解像ユニット 110 に保存される。1つの実施形態によれば、解像度向上モジュール 120 が、圧縮画像シーケンス 124 に対して超解像技術を適用し、高解像度画像 128 を生成する。1つの実施形態では、ハードウェアコーデック 114 が、画像シーケンスがメモリ 106 に保存される前に、この画像シーケンスに対するロスレス又はニアロスレスビデオ圧縮技術の実行を可能にする。この結果、高解像度画像 128 を生成するために低解像度画像 118 を保存する必要がなくなるため、メモリ空間が節約される。

20

【0022】

図 2 は、1つの実施形態による、ビデオ圧縮技術を使用して組み込み機器において超解像を可能にし、高解像度画像を生成する方法 200 のフロー図である。方法 200 は、ステップ 202 から開始してステップ 204 へ進み、ここで（複数の低解像度画像などの）画像シーケンスを（図 1 のローカルメモリ 122 などの）ローカルメモリに保存する。

30

【0023】

ステップ 206 において、インター予測と共にロスレスビデオ圧縮技術を使用して画像シーケンスを圧縮する。別の実施形態では、ニアロスレスビデオ圧縮コーデックを使用して画像シーケンスを圧縮する。ステップ 208 において、（図 1 の圧縮画像シーケンス 124 などの）圧縮画像シーケンスに超解像技術を適用する。ステップ 210 において、（図 1 の高解像度画像 128 などの）高解像度画像を生成する。ステップ 212 において、方法 200 は終了する。1つの実施形態では、上述したように、（図 1 の解像度向上モジュール 120 などの）解像度向上モジュールが、参照画像、1 又はそれ以上の動きベクトル、及び 1 又はそれ以上の差分画像に 1 又はそれ以上の超解像技術を適用する。

40

【0024】

図 3 は、1つの実施形態による、複数の低解像度画像を圧縮して組み込み機器において超解像を可能にする方法 300 のフロー図である。方法 300 は、ステップ 302 から開始してステップ 304 へ進み、ここで複数の低解像度画像が（図 1 のメモリ 106 などの）メモリからアクセスされる。

【0025】

ステップ 306 において、参照画像（すなわち、低解像度画像の第 1 の画像）を処理する（例えば、ロスレス又はニアロスレスアルゴリズムを使用して圧縮する）。ステップ 308 において、次の画像（すなわち、次の低解像度画像）を取得する。ステップ 310 において、上記次の画像と参照画像との間の動きベクトルを決定する。1つの実施形態では

50

、動きベクトル推定法により動きベクトルをサブピクセルの精度で決定する。ステップ 312 において、差分画像を生成する。上述したように、この差分画像は、上記次の画像と、参照画像から導き出される次の画像の予測との間の 1 又はそれ以上の差分（すなわち誤差）を表すものである。

【0026】

ステップ 314 において、画像シーケンス内に処理すべき次の画像が存在するかどうかに関する判定が行われる。画像シーケンス内に処理すべき次の画像が存在すると判定された場合（選択肢「はい」）、方法 300 はステップ 308 へ進む。ステップ 314 において、画像シーケンス内に処理すべき画像がこれ以上存在しないと判定された場合（選択肢「いいえ」）、方法 300 はステップ 316 へ進む。ステップ 316 において、参照画像、動きベクトル及び差分画像を保存する。1つの実施形態では、参照画像、動きベクトル及び差分画像が圧縮画像シーケンスを構成し、この圧縮画像シーケンスが、組み込み機器の（図 1 の超解像ユニット 110 などの）超解像ユニットへ送信される。別の実施形態では、参照画像及び / 又は差分画像を保存する前に、これらがロスレス圧縮技術を使用して圧縮される。ステップ 318 において、方法 300 は終了する。

10

【0027】

図 4 は、1つの実施形態による差分画像を生成するための方法 400 のフロー図である。方法 400 は、ステップ 402 から開始してステップ 404 へ進み、ここで参照画像及び動きベクトルを処理する。ステップ 406 において、参照画像及び動きベクトルから、符号化した画像の予測を生成する。1つの実施形態では、コーデックが、（以前に符号化し、再構成した画像などの）第 1 の画像に動きベクトルを適用することにより、符号化した画像を予測する。ステップ 408 において、（観察される、或いは実際の画像などの）符号化した画像から予測した画像を減算する。ステップ 410 において、差分画像を計算する。ステップ 412 において、差分画像を圧縮する。ステップ 414 において、方法 400 は終了する。

20

【0028】

図 5 は、1つの実施形態による、組み込み機器のセンサにおいて画像シーケンスを圧縮する方法 500 のフロー図である。方法 500 は、ステップ 502 から開始してステップ 504 へ進み、ここで複数の低解像度画像が取り込まれる。これらの低解像度画像は、未圧縮、未加工の画像シーケンスとして（図 1 のメモリ 106 などの）メモリに保存される。ステップ 506 において、ハードウェアコーデックを使用して複数の低解像度画像を圧縮する。1又はそれ以上の実施形態では、上述したように、ハードウェアコーデックが、インター予測と共にロスレス又はニアロスレスハードウェアコーデックを実行することができる。ステップ 508 において、圧縮した複数の低解像度画像を電気信号に変換する。ステップ 510 において、この電気信号を（図 1 の超解像ユニット 110 などの）超解像ユニットへ送信し、保存する。方法 500 は、ステップ 512 において終了する。

30

【0029】

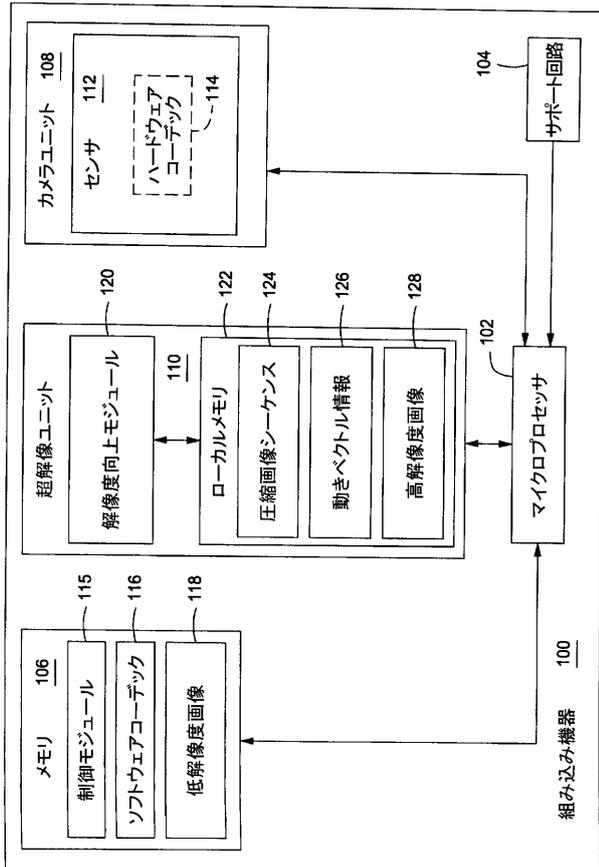
このように、本発明の様々な実施形態を提供した。本発明の様々な実施形態により、組み込み機器において超解像を可能にすることができるという効果が得られる。さらに、本発明による方法及び装置を利用して、圧縮した低解像度画像シーケンスを直接操作することもできる。さらに、様々な実施形態により、最適な又は効率的な使用が求められる組み込み機器のメモリ及びプロセッサ資源の量を削減することができる。

40

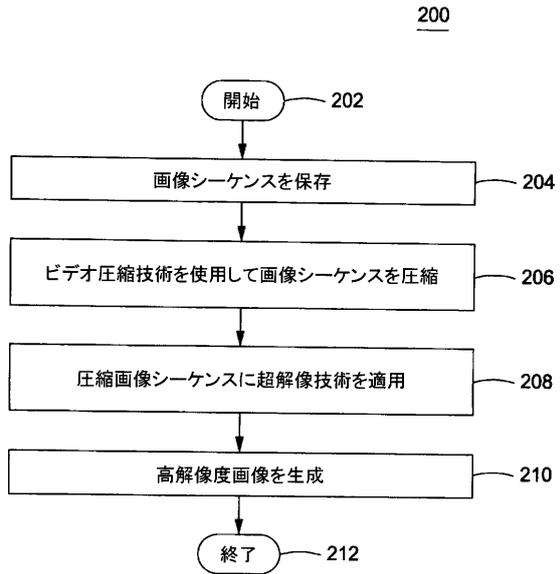
【0030】

上記は本発明の実施形態を対象としたものであるが、本発明の基本的な範囲から逸脱することなく、本発明の他の及びさらなる別の実施形態を考案することもでき、本発明の範囲は以下の特許請求の範囲により定められる。

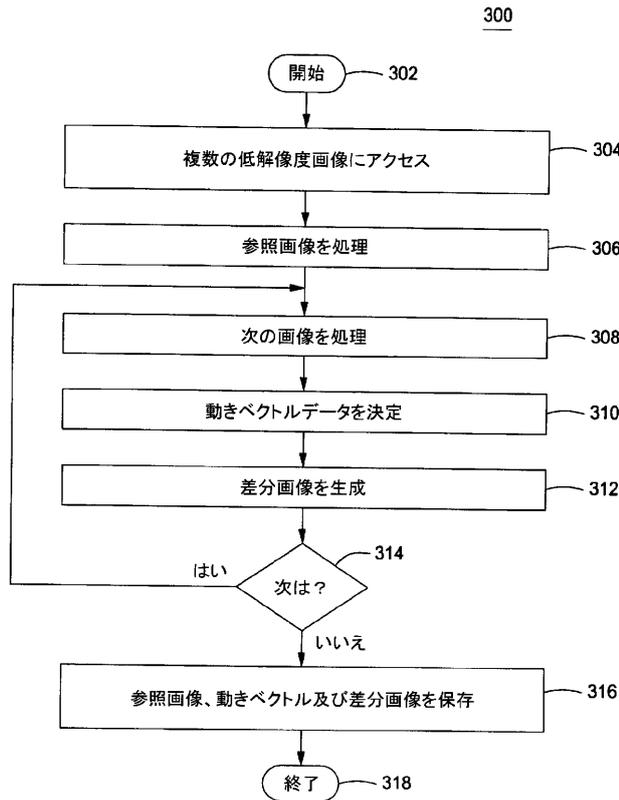
【図 1】



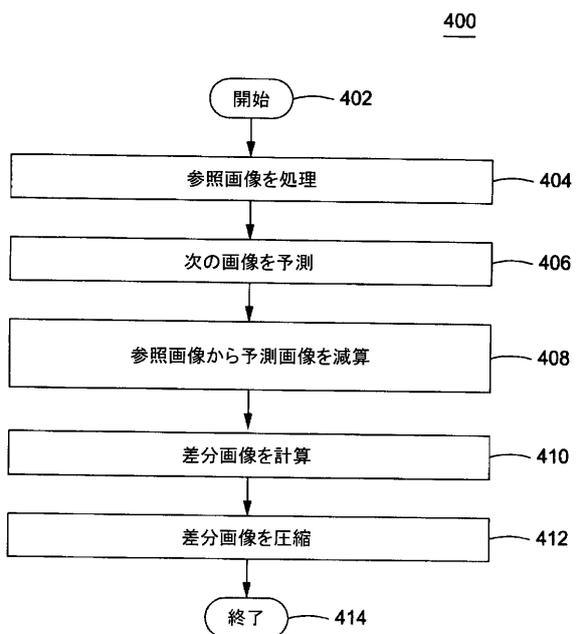
【図 2】



【図 3】

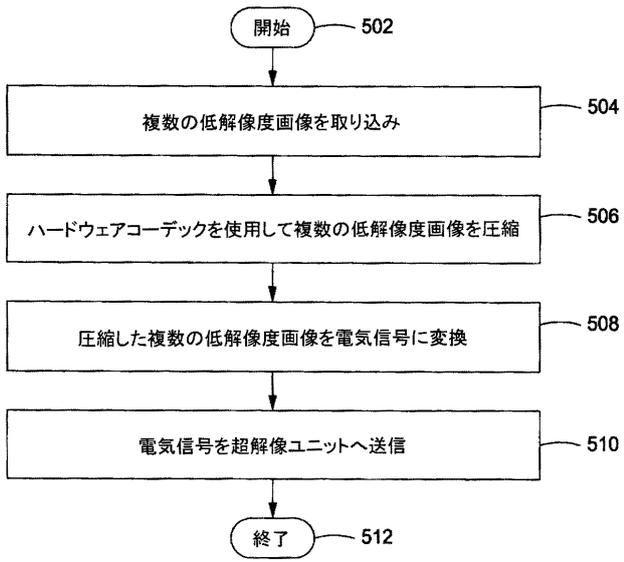


【図 4】



【 図 5 】

500



フロントページの続き

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100151987

弁理士 谷口 信行

(72)発明者 エイドリアン クリサン

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 1 2 7 サン ディエゴ ゴールデン ワゴン コート
1 7 2 4 5

(72)発明者 ニコラオス ゲオルギス

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 1 2 8 サン ディエゴ ウィンドクレスト レーン
1 1 5 8 8 アパートメント 1 1 2 3

Fターム(参考) 5C159 KK01 LB18 MA00 MA05 MA45 ME02 PP16 SS14 UA02 UA05

【外国語明細書】

METHOD AND APPARATUS FOR PROVIDING HIGHER RESOLUTION IMAGES IN AN EMBEDDED DEVICE

BACKGROUND

Field of the Invention

Embodiments of the present invention generally relate to embedded devices and, more particularly, to a method and apparatus for providing higher resolution images in an embedded device using a super resolution technique.

Description of the Related Art

A user of a camera device may “take a picture” of an object by generating a digital image of the object in particular image resolution. Generally, a digital image includes pixel data that represents the object and image resolution refers to an amount of detail for the digital image. Occasionally, the digital image generated by the camera device may be distorted. For example, handshaking (e.g., camera jitter) may cause distortions (e.g., blurring) in the digital image.

Sometimes, a super resolution technique may be used to mitigate the effects of handshaking. The super resolution technique is configured to produce a higher resolution image from one or more lower resolution images. The super resolution technique predicts the missing details (e.g., pixel data) from the lower resolution images using motion estimation and deblurring techniques. The missing details are applied to the one or more lower resolution images to produce the higher resolution image.

Currently, the super resolution techniques are not performed on an embedded device due to processor and memory limitations. An embedded device may be a device with a built-in camera, such as a mobile phone, a Personal Digital Assistant (PDA), a “smart phone” and the like. Due to size restrictions, the embedded device is limited to a particular amount of memory devices and/or processor resources. The raw and uncompressed images are considerably large in size and consume a significant amount of the memory. As a result, there are too many images for the processor to perform the super resolution technique while the embedded device is being used.

Currently, the super resolution techniques are performed offline on the embedded device prior to synchronization in which the lower resolution images may be saved into a device memory. Processing is done offline prior to transferring lower resolution images from the embedded device to another device (e.g., a computer). The user, however, is not able to view a high resolution image on a lower resolution screen.

Therefore, there is a need in the art for providing higher resolution images in an embedded device.

SUMMARY OF THE INVENTION

Embodiments of the present invention comprise a method, an apparatus and an embedded device for providing higher resolution images by performing a super resolution technique on a compressed image sequence using one or more motion vectors. In one embodiment, a method for using a video compression technique to enable super resolution in an embedded device comprises compressing an image sequence using a video compression technique, wherein the image sequence comprises a plurality of lower resolution images and applying a super resolution technique to the compressed image sequence to generate a higher resolution image.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

So that the manner in which the above recited features of the present invention can be understood in detail, a more particular description of the invention, briefly summarized above, may be had by reference to embodiments, some of which are illustrated in the appended drawings. It is to be noted, however, that the appended drawings illustrate only typical embodiments of this invention and are therefore not to be considered limiting of its scope, for the invention may admit to other equally effective embodiments.

Figure 1 is a block diagram of an embedded device for performing a super resolution technique on a compressed image sequence to produce a higher resolution image, in accordance with one or more embodiments;

Figure 2 is a flow diagram of a method for using a video compression technique to enable super resolution in an embedded device, in accordance with one or more embodiments;

Figure 3 is a flow diagram of a method for compressing a plurality of lower resolution images to enable super resolution on an embedded device, in accordance with one or more embodiments;

Figure 4 is a flow diagram of a method for generating an difference image, in accordance with one or more embodiments; and

Figure 5 is a flow diagram of a method for compressing an image sequence at a sensor of an embedded device, in accordance with one or more embodiments.

DETAILED DESCRIPTION

Figure 1 is a block diagram of an embedded device 100 for performing a super resolution technique on a compressed image sequence to produce a higher resolution image according to one or more embodiments of the present invention. The compressed image sequence may be compressed using a lossless or a near-lossless video compression technique.

The embedded device 100 may be a mobile phone, a camera phone, a smart phone, a Personal Digital Assistant (PDA)), such as those generally known in the art. The embedded device 100 includes a microprocessor 102, various support circuits 104, a memory 106, a camera unit 108 and a super resolution unit 110. The microprocessor 102 facilitates data processing and storage. The various support circuits 104 facilitate the operation of the microprocessor 102 and include at least one of clock circuits, power supplies, cache, input / output circuits, and the like. The memory 106 comprises at least one of Read Only Memory (ROM), Random Access Memory (RAM), disk drive storage, optical storage, removable storage, and the like. The memory 106 includes a control module 115, a software codec 116 and lower resolution images 118. Generally, the software codec 116 includes software code for compressing an image sequence using a lossless video compression technique (e.g., Huffman-compressed YUV, CorePNG and the like) or near lossless video

compression technique (e.g., DV compression, FastCodec and the like). In one embodiment, the software codec 116 employs an inter-prediction technique to process a sequence of raw images. The software codec 116 can estimate motion vectors between consecutive images using a motion vector estimation technique. Various motion estimation techniques that can be used by the software codec 116 are known in the art. In one embodiment, the software codec 116 divides a lower resolution image of the lower resolution images 118 into multiple pixel blocks and performs inter-prediction and compression on a block-by-block basis. In some embodiments, the camera unit 108 may include a hardware codec 114 that performs the functionality of the software codec 116 in hardware.

In one embodiment, the camera unit 108 includes a commercially available embedded image generation device (e.g., a built-in camera). By the way of example and not as a limitation, the camera unit 108 is used to capture multiple raw images as an image sequence (e.g., uncompressed image sequence). The camera unit 108 includes a sensor 112 (i.e., an image sensor). In one embodiment, the sensor 112 stores the captured image sequence into the memory 106 as the lower resolution images 118. In another embodiment, the sensor 112 converts the captured image sequence into an electric signal that may be communicated to various portions of the embedded device 110 via the microprocessor 102. For example, the sensor 112 may communicate with the super resolution unit 110.

Generally, the super resolution unit 110 is a component of the embedded device 100 that includes a resolution enhancement module 120 and a local memory 122. The local memory 122 comprises at least one of a Read Only Memory (ROM), a Random Access Memory (RAM), disk drive storage, optical storage, removable storage, and the like. The local memory 122 includes a compressed image sequence 124, motion vector information 126 and a higher resolution image 128. In one or more embodiments of the present invention, the super resolution unit 110 stores the compressed image sequence 124 and the motion vector information 126 as created through the use of the hardware codec 114 or the software codec 116. As described further below, the resolution enhancement module 120 applies one or more super resolution techniques on the compressed image sequence 124 and the vector information 126 in order to generate the higher resolution imager 128. Various super

resolution techniques that are known in the art can be used with the invention. Notably, the resolution enhancement module 120 applies the super resolution technique(s) without completely recovering the lower resolution images 118 from the compressed image sequence 124.

According to various embodiments of the present invention, the control module 115 includes software code for managing the creation of the high resolution image 128 from a raw, uncompressed image sequence of lower resolution images. In operation, the control module 115 coordinates the compression of the raw images and the application of the super resolution technique on the compressed image sequence 124. In one embodiment, the control module 115 executes the software codec 116 to compress the lower resolution images 118 and stores the compressed image sequence 124 in the local memory 122. Accordingly, the lower resolution images 118 may be removed in order to free memory resources. In one embodiment, the compressed image sequence 124 includes a reference image (e.g., a first image of the image sequence), one or more motion vectors and one or more difference images (e.g., pixel data representing the difference between an original image and a predicted version of the original image based on the reference image). The reference image and/or the one or more difference images may be compressed using a lossless compression technique. A motion vector estimation technique may be employed to determine the one or more motion vectors. For purposes of clarity by example, the compressed image sequence 124 is described herein as having a single reference image. Those skilled in the art will appreciate that the compressed image sequence 124 may include multiple reference images.

In some embodiments, an original image is any image in the uncompressed image sequence. A reference image is one of the original images. For a difference image, a predicted image is formed by computing motion vectors with respect to the reference image, and then motion compensating a reconstructed version of the reference image using the motion vectors. The difference image is formed by subtracting the predicted image from the original image being coded. This inter-prediction may be performed on a block-by-block basis for each original image in the sequence after the reference image. In this manner, the compressed image sequence 124 and the motion vector information 126 are produced. While specific

embodiments of inter-prediction are described herein, those skilled in the art will appreciate that the software codec 116 and/or the hardware codec 114 may perform other inter-prediction processes similar to those described herein, such as inter-prediction used in the Moving Picture Experts Group (MPEG) standards known in the art.

According to one embodiment, handshaking of the embedded device 100 may cause one or more differences between the lower resolution images that form the uncompressed image sequence. The lower resolution images may be generated from an identical scene but include different pixel data for representing the identical scene due to movements (i.e., shaking) of the embedded device 100. Because the pixel data may differ, one lower resolution image may include additional details not captured in another lower resolution image. Accordingly, details from two or more lower resolution images may be combined to produce a high resolution image.

According to various embodiments of the present invention, the resolution enhancement module 120 performs one or more super resolution techniques on the compressed image sequence 124 to generate the higher resolution image 128. According to one embodiment, the super resolution technique(s) include temporal interpolation and/or spatial interpolation of the reference image and the difference images. For example, the super resolution technique(s) interpolate missing details of the scene from the reference image, the motion vectors and the difference images. Subsequently, the resolution enhancement module 120 uses the missing details to improve the resolution of the reference image.

In one embodiment, the compressed image sequence is not completely decoded to recover all of the lower resolution images 118 prior to the application of the super resolution techniques by the resolution enhancement module 120. In other words, the super resolution technique is not performed on a decoded image sequence (e.g., the lower resolution images 118 according to one or more embodiments of the present invention). The super resolution technique may be performed directly on the compressed image sequence 124. In one embodiment, the resolution enhancement module 120 performs the super resolution technique on the compressed image sequence 124 at a block level (i.e., blocks of pixels at a time). That is, given the reference image, motion vectors and difference images, the

resolution enhancement module 120 can begin decoding the compressed image sequence 124 on a block-by-block basis. The super resolution techniques can then be applied as each block is decoded to produce the higher resolution image 128. By performing super resolution on a block-by-block basis, the resolution enhancement module 120 does not have to wait for all of the original images to be decoded and does not have to store all of the original images in memory.

In one embodiment, the motion vector information 126 includes data regarding motion vectors (e.g., two-dimensional motion vectors) between the reference image and subsequent images in the sequence. Each motion vector provides an offset from coordinates in a reference image to coordinates in a next image. In one or more embodiments, the motion vectors are determined at sub-pixel accuracy (e.g., one-hundredth of a pixel) by the software codec 116 or the hardware codec 114. The resolution enhancement module 120 uses the sub-pixel accurate motion vectors to generate the higher resolution image 128 from the reference image and the difference images at a block level according to one embodiment.

According to one embodiment, the camera unit 108 and the super resolution unit 110 cooperate to generate the higher resolution image 128 from the lower resolution images 118. By the way of example and not as limitation, the sensor 112 of the camera unit 108 captures multiple lower resolution images, which are stored as the lower resolution images 118. The software codec 116 compresses the lower resolution images 118 using a lossless or near lossless video compression technique. During the compression stage, the software codec 116 also computes motion vectors between consecutive lower resolution images in the image sequence at sub-pixel accuracy

Optionally, the sensor 112 includes a hardware codec 114. In one or more embodiments of the present invention, the hardware codec 114 is a component that implements a lossless or a near lossless video compression technique. In one embodiment, the hardware codec 114 divides a lower resolution image of the lower resolution images 118 into multiple pixel blocks. In operation, as raw images are captured by the sensor 112, the hardware codec 114 compresses the image sequence using the lossless or a near lossless video compression technique with inter-prediction, as described above with respect to the software codec 116. As a

result, the compressed image sequence 124 is generated and stored in the super resolution unit 110. According to one embodiment, the resolution enhancement module 120 applies a super resolution technique on the compressed image sequence 124 and generates the high resolution image 128. In one embodiment, the hardware codec 114 enables the performance of the lossless or near lossless video compression technique on the image sequence before storage in the memory 106. Consequently, memory space is saved because the lower resolution images 118 do not need to be stored in order to produce the high resolution image 128.

Figure 2 is a flow diagram of a method 200 for using a video compression technique to enable super resolution in an embedded device and to generate a higher resolution image according to one embodiment. The method 200 starts at step 202 and proceeds to step 204, where an image sequence (e.g., a plurality of lower resolution images) is stored in a local memory (e.g., the local memory 122 of Figure 1).

At step 206, the image sequence is compressed using a lossless video compression technique with inter-prediction. In another embodiment, a near lossless video compression codec is used to compresses the image sequence. At step 208, a super resolution technique is applied to the compressed image sequence (e.g., the compressed image sequence 124 of Figure 1). At step 210, a higher resolution image (e.g., the higher resolution image 128 of Figure 1) is generated. At step 212, the method 200 ends. In one embodiment, the resolution enhancement module (e.g., the resolution enhancement module 120 of Figure 1) applies the one or more super resolution technique on a reference image, one or more motion vectors and one or more difference images as described above.

Figure 3 is a flow diagram of a method 300 for compressing a plurality of lower resolution images to enable super resolution on an embedded device according to one embodiment. The method 300 starts at step 302 and proceeds to step 304, where a plurality of lower resolution images is accessed from a memory (e.g., the memory 106 of Figure 1).

At step 306, a reference image (i.e., a first image of the lower resolution images) is processed (e.g., compressed using a lossless or near lossless algorithm).

At step 308, a next image (i.e., a next lower resolution image) is obtained. At step 310, a motion vector between the next image and the reference image is determined. In one embodiment, the motion vector estimation technique determines motion vectors at sub-pixel accuracy. At step 312, a difference image is generated. The difference image represents one or more differences (i.e., errors) between the next image and prediction of the next image derived from the reference image, as described above.

At step 314, a determination is made as to whether there is a next image in the image sequence to be processed. If, it is determined that there is a next image in the image sequence to be processed (Option "Yes") the method 300 proceeds to the step 308. If, at step 314 it is determined that no more images in the image sequence are to be processed (option "NO"), the method 300 proceeds to step 316. At step 316, the reference image, the motion vectors and the difference images are stored. In one embodiment, the reference image, the motion vectors and the difference images constitute the compressed image sequence, which is transmitted to a super resolution unit (e.g., the super resolution unit 110 of Figure 1) of an embedded device. In another embodiment, the reference image and/or the difference images are compressed using a lossless compression technique before storage. At step 318, the method 300 ends.

Figure 4 is a flow diagram of a method 400 for generating a difference image according to one embodiment. The method 400 starts at step 402 and proceeds to step 404, where a reference image and motion vectors are processed. At step 406, a prediction of an image being coded is generated from the reference image and the motion vectors. In one embodiment, a codec predicts the image being coded by applying the motion vectors to the first image (e.g., a previously coded and reconstructed image). At step 408, the predicted image is subtracted from the image being coded (e.g., observed or actual image). At step 410, a difference image is computed. At step 412, the difference image is compressed. At step 414, the method 400 ends.

Figure 5 is a flow diagram of a method 500 for compressing an image sequence at a sensor of an embedded device according to one embodiment. The method 500 starts at step 502 and proceeds to step 504, where a plurality of lower

resolution images is captured. The lower resolution images are stored into a memory (e.g., the memory 106 of Figure 1) as uncompressed, raw image sequence. At step 506, the plurality of lower resolution images is compressed using a hardware codec. In one or more embodiment, the hardware codec may implement a lossless or near-lossless hardware codec with inter-prediction, as described above. At step 508, the compressed plurality of lower resolution images is converted into an electric signal. At step 510, the electric signal is transmitted to a super resolution unit (e.g., the super resolution unit 110 of Figure 1) and stored. The method 500 ends at step 512.

Thus, various embodiments of the present invention have been provided. The various embodiments of the present invention may advantageously enable super resolution in an embedded device. Further, the inventive method and apparatus may be utilized to operate directly on the compressed lower resolution image sequence. Further, the various embodiments may reduce an amount memory and processor resources that is required for optimal or efficient use of the embedded device.

While the foregoing is directed to embodiments of the present invention, other and further embodiments of the invention may be devised without departing from the basic scope thereof, and the scope thereof is determined by the claims that follow.

Claims:

1. A method for using a video compression technique to enable super resolution in an embedded device, comprising:

compressing an image sequence using a video compression technique, wherein the image sequence comprises a plurality of lower resolution images; and

applying a super resolution technique to the compressed image sequence to generate a higher resolution image.

2. The method of claim 1, wherein compressing the image sequence further comprising:

capturing the plurality of lower resolution images at a sensor; and

compressing the plurality of lower resolution images using a hardware component of the sensor that implements the video compression technique.

3. The method of claim 1, wherein compressing the image sequence further comprising:

storing the plurality of lower resolution images; and

applying the video compression technique to the stored plurality of lower resolution images.

4. The method of claim 1, wherein compressing the image sequence further comprising determining motion vectors between a reference image and at least one additional image of the image sequence.

5. The method of claim 4, wherein compressing the image sequence further comprising applying the motion vectors to the reference image to predict the at least one additional image.

6. The method of claim 5, wherein compressing the image sequence further comprising computing a difference image between the at least one additional image and the prediction of the at least one additional image, respectively.

7. The method of claim 6, wherein compressing the image sequence further comprises compressing the difference image using a lossless video compression technique.

8. The method of claim 6, wherein compressing the image sequence further comprises compressing the difference image using a near lossless video compression technique.

9. The method of any of claims 1-8, wherein applying the super resolution technique further comprising mapping pixel data that forms at least a portion of the plurality of lower resolution images to pixel data that forms the higher resolution image.

10. The method of any of claims 1-9, wherein applying the super resolution technique further comprises:

interpolating pixel data for the higher resolution image using the compressed image sequence and at least one motion vector, wherein the compressed image sequence comprises at least one difference image and a reference image; and

combining the reference image with determined pixel data to form the higher resolution image.

11. An apparatus for using a compression technique to enable super resolution in an embedded device, comprising:

a control module for applying a compression technique to an image sequence that comprises a plurality of lower resolution images; and

a resolution enhancement module for performing a super resolution technique on the compressed image sequence to produce a higher resolution image.

12. The apparatus of claim 11 further comprising a lossless codec for compressing the plurality of lower resolution images using a lossless compression technique.

13. The apparatus of claim 12, wherein the lossless codec applies a motion estimation technique to generate at least one motion vector at sub-pixel accuracy.

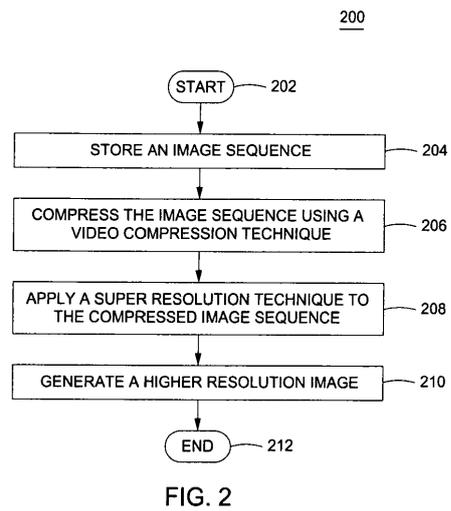
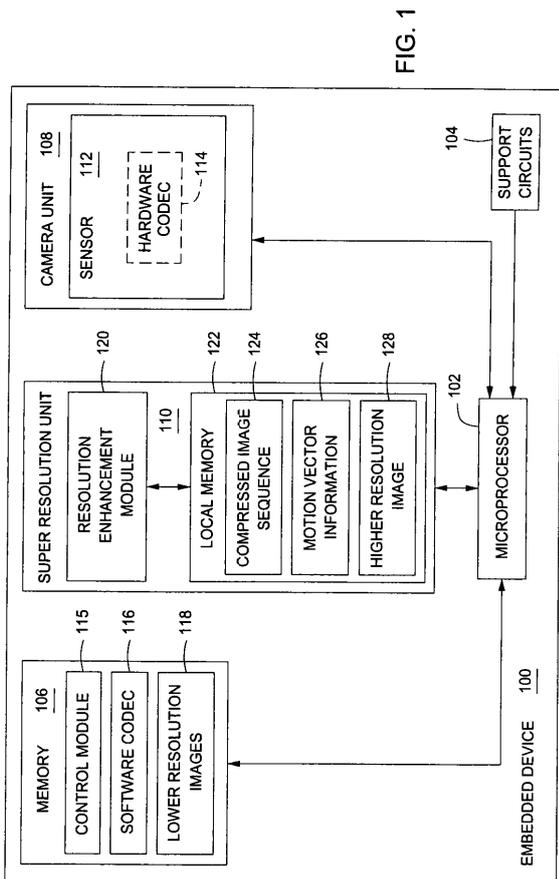
14. The apparatus of claim 11 further comprising a near lossless codec for compressing the plurality of lower resolution images using a near lossless compression technique.

15. The apparatus of any of claims 11-14, further comprising:

a camera unit for capturing the plurality of lower resolution images.

ABSTRACT

A method and apparatus to providing higher resolution images on an embedded device by performing a super resolution technique on a compressed image sequence and one or more motion vectors are described. In one example, the method includes compressing an image sequence using a video compression technique, wherein the image sequence comprises a plurality of lower resolution images and applying a super resolution technique to the compressed image sequence to generate a higher resolution image.



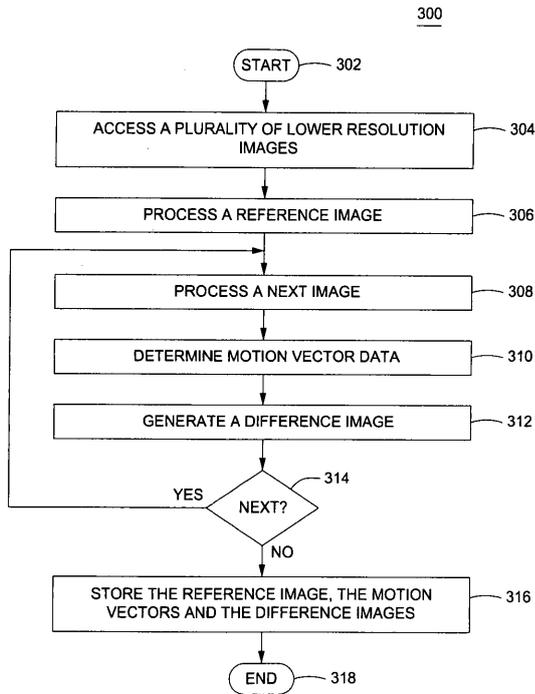


FIG. 3

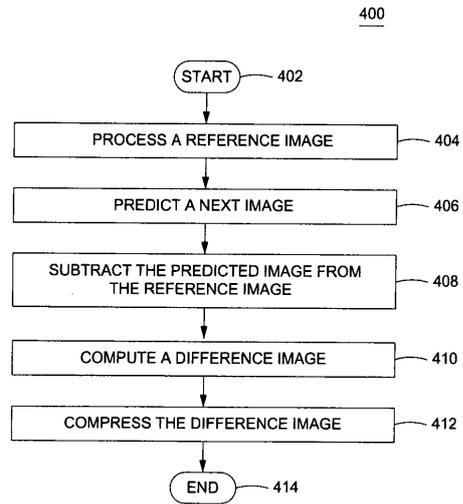


FIG. 4

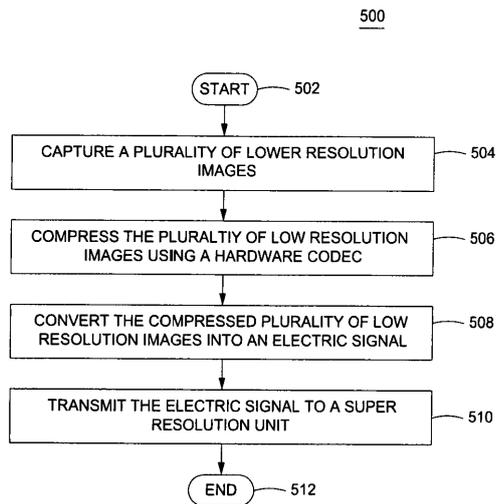


FIG. 5